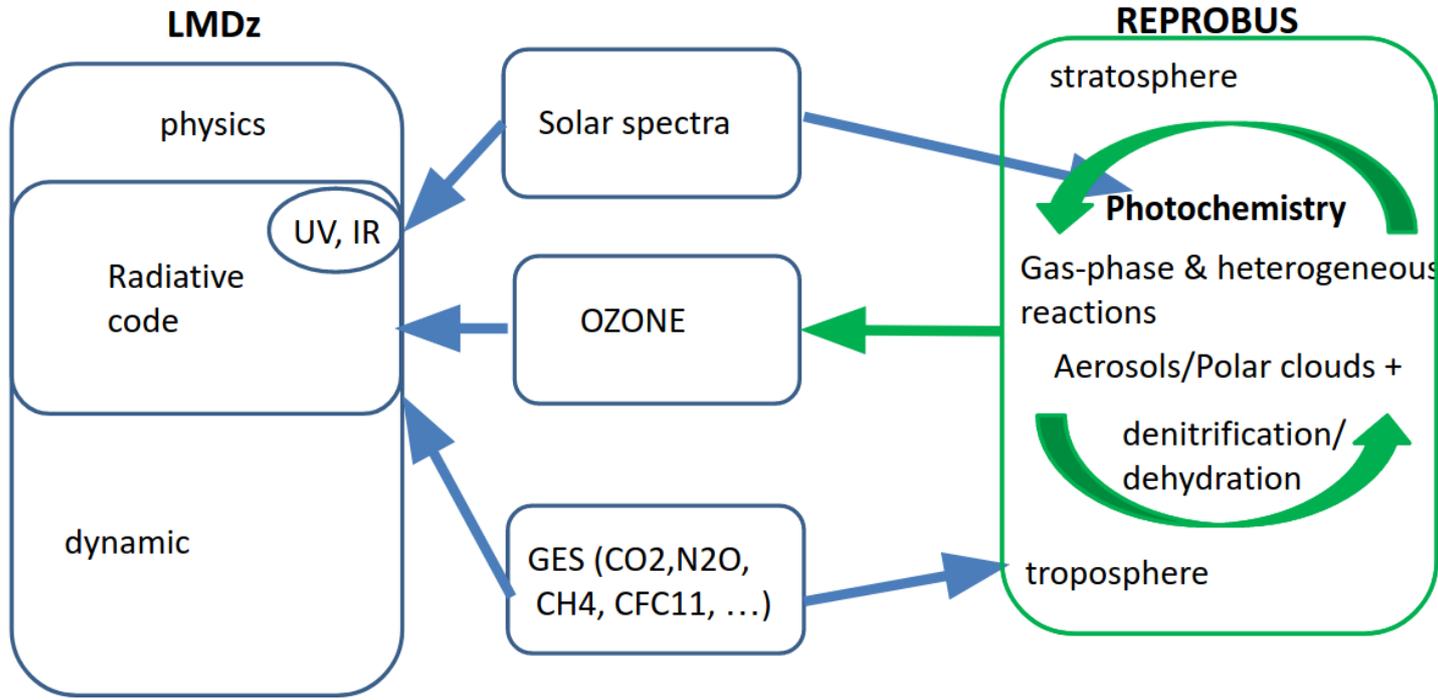


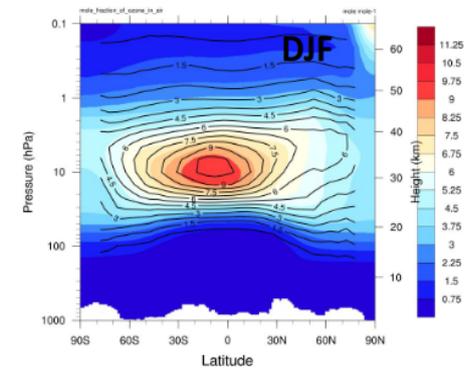
Quel avenir pour les modèles
de chimie aérosols ?
À l'IPSL

Reprobus

Marion Marchand, Slimane Bekki, Franck Lefèvre, Lola Falletti, David Cugnet
+ Francois Lott on stratospheric dynamics



O3 (10^{-6}) - 1991-2002 (DJF) - LMDzrepr_v6 and HALOE



Reprobus

AIMS:

- LMDZ6-Reprobus: carry on evaluation + simulations in the future.
- New configuration: LMDZ6-Reprobus + NEMO (in ESM)
- REPROBUS: new chemistry Solver (ASIS), already implemented for Mars and Venus atmospheres (Franck Lefevre)
- Soufre isotopes: before starting, check that mass conservation and isotopes correlations are quasi-perfectly respected in Reprobus + Advection
- Volcanic emission: H₂O, Halogen, NO_x => coupled configuration LMDZ + StratAER + REPROBUS

THEMES:

- Past/future strato o₃ evolution – climate interactions
- Impact of solar variability and volcanique eruption

Strataer

Presentation:

Sectional aerosol model simulating the formation and evolution of for stratospheric sulfate aerosols including microphysical processes.

History:

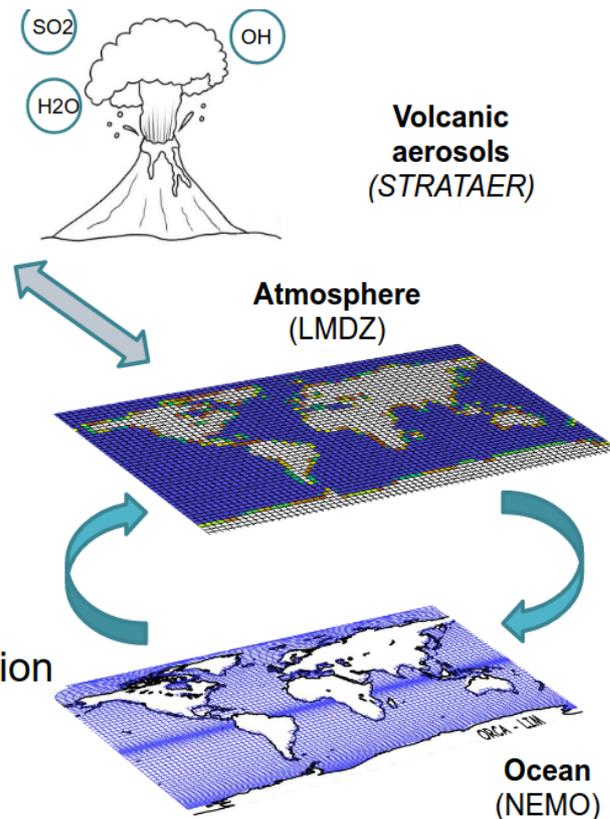
- First version with LMDZ5 (Kleinschmitt, 2017)
- Adapted to IPSLCM6-LR model
- Used for GeoMIP experiments and model inter-comparison (VolMIP-Tambora, Clyne, 2020)
- Actually available in LMDZ trunk using CPP key

On going :

- Addition of new process (OH reduce, H₂SO₄ photolysis)
- Include CH₄ oxidation to improve stratospheric H₂O representation
- Multi-injections routines (ex: volcanic sulfur, H₂O, halogens)
- Coupling with stratospheric chemistry module REPROBUS

Perspective:

- Coupling with the tropospheric chemistry module INCA



Coupled model Ocean-Atmosphere
with interactive volcanic aerosols

Inca

Interactions avec la Chimie et les Aérosols. Simulation de la chimie troposphérique et stratosphérique, des différents types d'aérosols, des échanges de COV et d'azote (N_2O , NO_x , NH_3) avec la biosphère continentale/sols (modèle ORCHIDEE) en lien avec le climat présent, futur, et passé (paléo).

Utilisation en 3D dans le modèle couplé de l'IPSL (CM5 et CM6) – Earth System Model (ESM)

- Plusieurs versions suivant les applications envisagées. Version avec uniquement les gaz à effet de serre de longue durée de vie (CO_2 , CH_4 , N_2O , ...) et oxydants en forçages, avec uniquement aérosols, et/ou avec chimie troposphérique, et/ou avec chimie stratosphérique.
- Chimie troposphérique : hydrocarbures explicites jusqu'aux C4 + isoprène + terpènes (gén.) + aromatiques (gén.) (Hauglustaine et al., 2004; Folberth et al., 2006). Environ 100 espèces chimiques. 300 réactions homogènes + 70 photolyses + 40 hétérogènes.
- Chimie stratosphérique (Terrenoire et al., 2022). Environ 30 espèces chimiques supplémentaires.
- Différents types d'aérosols troposphériques. Environ 20 espèces supplémentaires. 3 modes + solubles/insolubles. Pas d'échanges entre les modes et distributions en taille imposées. Sulfates, Nitrates, BC, OC, SOA, Poussières, Sels marins. Interactions hétérogènes avec la chimie en phase gazeuse.
- Solveur INCAXx: pré-processeur chimique et combinaison de méthodes explicite (CO_2 , CH_4 , N_2O , CFCs, ...) et implicite (EBI) pour les autres espèces avec un nombre d'itérations variable suivant que la convergence est atteinte ou pas. Pas de temps identique à la physique du GCM (30 minutes). Photolyses: *look-up* table préparée avec TUV + correction interactive pour nébulosité.
- Résolution horizontale fixée par le GCM. En standard actuellement : 2.5° long. X 1.3° lat. et 79 niv verticaux jusqu'à 80 km. Versions haute résolution ($1^\circ \times 1^\circ$ ou grille variable avec DYNAMICO) en développement.
- Préprocesseur pour émissions des précurseurs (INCAflx). Emissions à la surface ou en altitude (aviation, combustion de la biomasse). Emissions lues avec une résolution temporelle en général de 1 mois ou calculées (éclaircs, BVOC).

Inca

En cours :

- Finalisation couplage avec le modèle ORCHIDEE surfaces continentales et sols (émissions) pour les composés azotés (N_2O , NH_3 , NO), les COV et soufrés.
- Couplage avec le modèle de chimie marine PISCES pour émissions d'espèces soufrées, COV et azotées.
- Actualisation de la chimie troposphérique (halogénés dans la troposphère, glyoxal).
- Ajout d'un 4^e mode pour les aérosols désertiques.

Prévus :

- Couplage avec le modèle de surfaces continentales pour prise en compte du dépôt sec à la surface.
- Couplage avec le modèle surfaces continentales (émissions et dépôts) pour le phosphore et Fe.
- Couplage avec un modèle interactif de feux pour espèces gazeuses et aérosols.
- Couplage avec modèle d'aérosols stratosphériques (STRATAER).
- Etendre le couplage avec la surface pour les échanges de méthane, H_2 , COS.

Technique :

- Couplage avec la dynamique icosaédrique de DYNAMICO (thèse en cours).
- Travail sur le code pour portage sur les machines exascale (prévu) et GPU (en étude).

Où va-t-on ?

- Projets propres à chaque modèle
- Cycles biogéochimiques
- Nouvelles architectures de calcul

Nouvelles architectures de calcul

Horizon 2024 → machine exaflopique

1) Quelle technologie ? → mixte GPU – CPU

2) Quelle manière de coder ? → openacc ? Pré-compileur ? Autre ?

Portage sur GPU

- 1) Profiler le code
- 2) Localiser le parallélisme
 - 1) Mettre les directives indiquant au compilateur les zones à paralléliser sur GPU
 - 2) Mettre les directives indiquant au compilateur comment gérer les flux de données
 - 3) Optimiser les boucles
- 3) Valider le résultat
- 4) Reprendre à l'étape 1

Optimisation

Phase du processus d'optimisation → un cas type est constitué des étapes suivantes :

- 1) Profiler le code
- 2) Identifier les ralentissements
- 3) Optimiser
- 4) valider le code sortant
- 5) Reprendre à partir de l'étape 1

Vers un avenir commun ?

Avantages / inconvénients ?

Avantages

- Mutualisation des forces d'ingénierie et de recherche
- Faciliter les interactions pour les futurs couplages
- Codes optimisés et propres plus à même d'être portés sur des nouvelles machines

Inconvénients

- Projet sur du long terme
- Besoin de nouveaux financements
- Temps passé